

PLATA Y REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA EN LA AMÉRICA VIRREINAL

MANUEL CASTILLO MARTOS

Universidad de Sevilla

Introducción

La minería y la metalurgia es un tema multidisciplinar que involucra aspectos diversos del quehacer del hombre. Uno de los aspectos más interesante que aquí se propone es discutir los acontecimientos relacionados con su historia y la transferencia de ciencia y tecnología que produjo la explotación mineralógica en la América virreinal y la repercusión que tuvo en la Europa de la revolución científica y tecnológica. Acontecimientos que no se limitan solamente a las áreas mineralógica y metálica, sino que van más allá de un estudio monofocal. Así pues, sin perder la unidad necesaria, reflexionamos sobre la conexión que existió entre la tecnología, la ciencia, el comercio, la política, la economía, la sociología, las ideas y el pensamiento en la minería y metalurgia virreinal, tomando como ejemplo lo ocurrido en el altiplano andino.

Que esta temática es de interés para el historiador de la ciencia y la técnica no tiene duda, y es un acierto de los organizadores de este Congreso que estas ideas se expongan aquí. Son múltiples las posibilidades de análisis e innumerables las facetas, entre las que la unión ciencia y humanismo ocupan un lugar privilegiado. Durante largo tiempo, casi desde siempre, el alma y el cuerpo, el espíritu y la máquina, el humanismo y la ciencia y la tecnología han sido tratadas como dualidades, a veces, irreconciliables, pero desde hace décadas la Historia Social de la Ciencia y de la Técnica se ha venido encargando de unificar y promover estudios conjuntos e interdisciplinarios. La unión ciencia, tecnología y humanismo es necesaria admitiendo que la separación e incluso el antagonismo es una herencia del pasado que nos llevaría hoy día a un callejón sin salida. Si pensamos que el humanismo interesa al espíritu del hombre, y la ciencia y la tecnología a la materia inanimada concluimos que si no queremos alimentar en el hombre un saber materialista, regido por lo económico que haga un fin en sí mismo, es decir una rebaja de la condición espiritual de la persona, hay que potenciar el estudio humanista haciéndolo ciencia útil, para desentrañar que la tecnología no se puede observar sólo desde un punto de vista meramente práctico, porque detrás siempre hay un hombre que condiciona su aplicación.

Las cosas humanas, como es la tecnología y la ciencia, no se entienden más que cuando se usan las categorías y conceptos adecuados. Entre las categorías decisivas de lo humano se encuentran las de *instalación* y *vector*, tan inseparables que se puede hablar de *instalación vectorial*. El hombre se proyecta en muy diversas direcciones con distinta intensidad y magnitud –por esos sus actos son *vectores*-, pero lo

hace siempre desde las realidades en que está instalado: la sociedad, su categoría intelectual, su posición social, etc. Esto, que es condición general de la vida humana, se extiende al conjunto de las personas y concretamente a la historia. Para entender los proyectos de una sociedad hay que conocer cuál es el sistema de sus *instalaciones*, las particulares de cada individuo y aquellas que están vigentes en una sociedad determinada. Dicho con otras palabras: la aplicación tecnológica, la manera de comerciar con los productos, las ideas (políticas, religiosas, económicas) que inspiraron a la sociedad en un momento dado, están condicionadas por aquella *instalación vectorial* desde la cual se expande.

La historia es fundamental en ciencia porque es su más fuerte *instalación*. El hombre es primariamente lo que ha sido, lo que lleva dentro, lo que lo pone a un nivel determinado desde el cual puede organizar su vida. Pero si todo esto le es ajeno, su pobreza intelectual como hombre es extrema y forzosamente se convierte en un primitivo, sean cualesquiera los recursos que posea. Un historiador de la ciencia y de la técnica sólo puede proyectarse si posee la realidad que es la materia de estudio, incluida la dimensión del pasado, el repertorio de experiencias, intentos, empresas, errores, fracasos y esperanzas con los cuales se ha hecho y se está haciendo.

En este contexto recordemos las palabras de Goethe:

El tema central de la Historia de la Ciencia es reconstruir la adquisición de conocimientos de ciencia y tecnología y quizás sobre todo estudiar ciencia como una actividad humana que surge, se desarrolla, se expande y es influida por el material del hombre tanto intelectual como espiritual.

Esta idea no deja de ser sugerente y de dimensión actual para el objetivo que nos hemos propuesto: un enfoque integral en lo humano y en lo científico tomando como eje la minería y metalurgia de la plata, dinamo que movió la economía española, y parte de la europea, durante más de trescientos cincuenta años.

Antecedentes

La metalurgia de la plata hunde sus raíces en las culturas de Occidente y Oriente desde 3.000 años a. C., cuando en el Asia Menor se obtenía plata reduciendo cerargirita (cloruro de plata) con carbón vegetal. En la época del imperio romano se desarrollaron técnicas pirometalúrgicas para extraer la plata de sus minerales. Plinio en "Naturalis historia" explica que la mena lavada y tamizada cinco veces se fundía con plomo (copelación), y la plata obtenida era usada como base de su sistema monetario. En la Hispania romana se explotaron sus minas [CAÑETE Y DOMÍNGUEZ, p. 52].

A mediados el siglo VIII se comenzó a explotar las minas argentíferas de la Europa central: Hacia el año 750 se descubrieron los yacimientos de Schenmitz y poco después los de Harz, llegando a ser conocida como la ciudad de la plata en los

años 963 y 973 [WIRTHLE, pp. 40-43], las minas de Freiberg, Tirol, Iglau, Kuttenberg, Příbram, Stiavnica y Kremice, entre otras.

Que la plata era explotada en los territorios americanos antes de la llegada de los europeos es sabido, y su uso no tenía el sentido utilitario y de valor de intercambio que tenía en Europa, sino como objeto de adorno y culto. La extracción de la plata se hacía en unos hornillos –huayras- por el método de la copelación y usando ichu como combustible. No obstante, el auge de la explotación argentífera tiene que esperar a que los españoles se asienten, pero sobre todo a que Bartolomé de Medina inventara el método de amalgamación de los minerales de plata, hecho que sucedió en 1555 en las minas de Pachuca en la Nueva España. Los distritos mineros en la América virreinal se extendieron por toda América en una amplio territorio que va desde México al sur de los Andes, pero concentrado en zonas, y no sólo fueron de plata sino también de oro y azogue. La mayoría de ellos se descubrieron después de la llegada de los españoles, Tabla 1.

Tabla 1

CENTRO Y LUGAR	COMIENZO	METAL EXTRAIDO
Zumpango	1530	Plata
Colima	1530	Oro
Sultepec	1530	Plata
Tasco	1530	Plata y Estaño
Tehuantepec	1530	Oro
Tegucilpa	1530	Plata y Oro
Tlalpujahuá	1534	Plata
Guadalajara	1543	Plata y Oro
Zacatecas	1546	Plata
Guanajuato	1550	Plata
Pachuca	1552	Plata
Sombrerete	1558	Plata
Santa Bárbara	1567	Plata
San Luis Potosí	1592	Plata y Oro
Parral	1631	Plata
Rosario	1650	Plata
Chihuahua	1703	Plata
Bolaños	1740	Plata
Porco	Incáica	Plata
Popayán	1536	Oro
Carabaya	1542	Oro
Potosí	1545	Plata
Antioquia	1546	Oro
Chachapoyas	1550	Oro
Valdivia	1550	Oro
Castrovirreina	1555	Plata
Zaruma	1560	Oro

Huancavelica	1563	Cinabrio
Oruro	1606	Plata
Pasco, Cerro de	1630	Plata
S. Antonio del Nvo. Mundo	1645	Plata
Barbacoas	1680	Oro
Novita	1690	Oro
Copiapó	1700	Oro
Hualgayoc	1771	Plata

En la Nueva España comenzó el beneficio metalúrgico en 1530, y en el virreinato del Perú en la época del imperio Inca en las minas de Porco, lo que manifiesta que los incas eran metalúrgicos, a diferencia de los aztecas y mayas que se dedicaron más a la orfebrería de metales preciosos. Gonzalo Pizarro, trabajó esas minas ya en época temprana, 1538. Cuando el 21 de abril de 1545 se descubren menas de plata en el Cerro Rico de Potosí, éste se convierte en el gran productor de plata de la Corona española con el 72% de la plata producida en el Perú, cuyo montante total asciende entre 1550 y 1820 a 716.500.000 marcos [BAKEWELL, 1984, pp.105-151]. El virrey Francisco de Toledo creó en el Perú el libro de la “Razón General de la Real Hacienda”, y pocos años después se hizo lo mismo en la Nueva España, cuya producción de plata entre 1570 y 1810 suma 963.500.000 marcos [SERRANO BRAVO, 1989].

La producción del Cerro Rico potosino fue la primera en contabilizarse (desde 1550). Al principio la producción de Charcas se debe principalmente al trabajo minero en ese Cerro, al que se unieron otros yacimientos como el de Porco, que inyectaban la producción y el recaudo de ingresos para la Corona. Porco por su cercanía a Potosí ha tenido un rol importante con muchas minas ricas en plata, caso de Siporo y Ancava. Allá por la década de 1610 la producción de Oruro comenzó a ser importante.

Hasta 1660 los beneficios que la Nueva España reportó a la Real Hacienda fue inferior a los de Charcas. A partir de la siguiente década y hasta los años en que comenzaron los movimientos insurgentes, a principios del siglo XIX, años en que la cantidad de metales preciosos bajó ostensiblemente, las minas novohispanas y sus haciendas de beneficio pasan al frente de la producción y consiguientemente de las recaudaciones, siendo en 1790 cuando se registran las cifras más altas. Por su producción estas minas se pueden clasificar en:

Grandes: Zacatecas, Guanajuato, Durango y San Luis Potosí con 701.300.000 marcos

Medianas: Guadalajara, Pachuca y Sombrerete, con 176.500.000 marcos, y

Pequeñas: Bolaños, Los Álamos, Rosario, Zimapán y Chihuahua con 85.700.000 marcos.

El caso de Potosí, en el ámbito de Sudamérica es llamativo, su producción sobrepasa con el 72 %, siendo su explotación igualada por cuatro grandes minas de la Nueva España. La caída de la producción en los años 1700, el total de la contribución o beneficios recibidos por España hasta la llegada de la República no fue superado por ninguna mina novohispana. Tampoco el máximo de recaudación que se dio en 1590 ha sido igualado por sus homónimas en la Nueva España.

La minería en Potosí

i) Geología del yacimiento mineralógico

Una reconstrucción del Cerro Rico de Potosí debe incluir fenómenos intercontinentales. Durante el Paleozoico América se hallaba mucho más cerca de África moviéndose a razón de aproximadamente 10 cm por año hacia el Este. En esa época hubo deposiciones sedimentarias arcillosas en un mar poco profundo que luego fueron plegados y elevados por la orogénesis que creó la cordillera de los Andes. Este plegamiento produjo una región de terreno quebrado expuesto a la erosión y meteorización hasta el Mioceno, conjuntamente en toda la región de Potosí se produjeron deposiciones de lavas conocidas como la formación Agua Dulce. Posteriormente en la zona del Cerro Rico se generó una cuenca lacustre de reducida extensión que al parecer alcanza hasta el sector de Karachipampa. En esta cuenca entraban aguas turbulentas que depositaban clastos subredondeados que se fueron cementando con un material limoso y que hoy se conocen como la formación Pailaviri.

En el Terciario a unos 2 km de profundidad se produce la intrusión de roca magmática desplazando rocas y abovedándolas. Como la intrusión es de un material pastoso a alta temperatura se origina cierto metamorfismo en el contacto. Este es el famoso stock del Cerro Rico que no llegó hasta la superficie. Una apófisis del stock se forma en el Cerro Chico, la cual tiene en su parte superior 1.000 por 100 m uniéndose con el cuerpo principal en profundidad al mismo tiempo que se hace más pequeño.

En algún momento posterior al Terciario empiezan a ascender desde la profundidad soluciones neumatolíticas e hidrotermales; las primeras penetraron la parte superior del stock como también las distintas formaciones sedimentarias depositando pirita, casiterita de grano fino, cerargirita y argentita. La parte superior del stock contiene en forma masiva de 0.1 a 0.3% de estaño, y de 50 a 200 g/t de plata. Las soluciones hidrotermales aprovechando fisuras previamente formadas que atraviesan tanto el stock como las formaciones sedimentarias empezaron la formación de un importante sistema de vetas de plata y de estaño.

Los minerales se depositaron de acuerdo a temperaturas características a distintas alturas de las vetas, dando origen a la zonación vertical; sin embargo, también se presentó el mismo fenómeno en forma horizontal. En general los minerales de deposición a baja temperatura tienen que recorrer un largo trecho antes de encontrar

un medio ambiente donde puedan depositarse. Los minerales argentíferos se depositaron hacia la cúspide del stock y en profundidad los estanníferos. Lateralmente en el Cerro Rico se han depositado minerales de plomo-zinc. A estos minerales les acompañan de manera natural otros y es así que junto a la plata se pueden presentar minerales de arsénico, antimonio, bismuto, cobalto, níquel y mercurio; mientras que junto al estaño se puede encontrar minerales conteniendo wolframio, molibdeno, bismuto, niobio y tántalo. A los minerales de zinc-plomo le acompañan minerales con cobre, hierro arsénico, bario y flúor. Estas deposiciones se hicieron en varias etapas de inyecciones hidrotermales en decenas de años.

Ya en el Cuaternario –la era del hombre– el yacimiento es erosionado por glaciares con origen en el Kari-Kari que dejaron morrenas glaciares al pie del Cerro Rico, el cual es erosionado hasta dejar expuesto el stock en su parte superior. Algunas de las vetas principales también quedaron expuestas sufriendo el embate del agua y del oxígeno que transformaron algunos de sus minerales por meteorización hasta el nivel freático del Cerro. Es así que en el afloramiento de las vetas se forman óxidos de hierro y hay una lixiviación parcial que transportaba cobre y zinc hacia la profundidad donde se redepositaban en una zona intermedia. Este proceso enriquece en plata la parte superior de las vetas ya que ella permanece en su lugar. Debajo del nivel freático los minerales casi no sufren ninguna transformación y permanecen como sulfuros de origen primario [SERRANO BRAVO, 1991, PP. 49-52].

ii) Vetas y socavones en el Cerro Rico

Se dice que los primeros mineros del Cerro Rico de Potosí quisieron ser los del pueblo de Chaquí, pero un fuerte mortandad los desanimó. También que el pueblo inca oyó voces procedentes del Cerro diciendo que estaba reservado para otras gente. Las montañas, cerros y promontorios naturales eran considerados como adoratorio para los dioses y divinidades incas, y el Cerro Rico con su gran altura era tomado como tal. Por otra parte, ese pueblo se guiaba para detectar metales por el color de sus panizos (color plomo) y nunca llegaron a creer que allí había minerales de plata, a pesar de su experiencia en las minas de Porco. Así se mantuvo la plata sin explotar hasta que en 1544 se descubrió la primera veta. Esta es la cronología del inicio de las labores:

En setiembre de 1544 aparece la veta Rica (91 m de largo, 4 m de ancho y una profundidad de 80-100 m) con minerales muy ricos fáciles de explotar y fundir.

En diciembre del mismo año se descubre la veta Centeno trabajada al principio por Huanca, que por enemistad con otro indio, Hualpa, comunicó a Villarroel el descubrimiento y éste la registró en Porco el 21 de abril de 1545. Era una veta con mineral de alta ley en plata pero de difícil explotación. En el informe que redactó en 1911 Rodolfo Lazarazu las vetas Rica y Centeno se confunden por estar muy cerca una de la otra, aparecen como dos ramos de una sola veta a la que llamó Descubridora.

En abril se halla la veta Estaño, más tarde denominada Machumbre o Macho Humbe, y en agosto la veta Mendieta [LLANOS GARCÍA, p. 124]. En 1601 se levantó un plano del Cerro Rico y del Cerro Chico por fray Diego de Ocaña, donde se muestra el orden de las vetas de Este a Oeste mirado desde la ciudad de Potosí; y otro plano de 1620 muestra la ubicación aproximada de socavones. En 1582 Diego López de Zúñiga contó hasta 94 vetas y 618 minas. Varias de estas vetas no son más que partes de las ya citadas; las minas se refieren a las pertenencias sobre alguna veta que de acuerdo al *Código Minero* español tenían 50-67 m de largo (medido sobre la veta desde un mojón) por 25-33 m de ancho, y según López de Zúñiga, el 91% de la mano de obra mitaya se concentra en doce vetas: Centeno, Rica, Estaño, Mendieta, Flamencos, Ciegos, Viejos, Lobato, S. Agustín, Berrio, S. Sebastián de la Pedrera y Pedro Cebicos.

Entre las vetas que no tenían asignación, muchas de ellas eran vírgenes o no estaban en explotación en ese momento, pero que hoy día se reconocen como estructuras geológicas independientes, López de Zúñiga menciona a Corpus Christi (probablemente la veta Ondarza), Las Ánimas del Purgatorio (Probablemente la veta Ánimas), S. Antonio y Nuestra Señora de la Candelaria.

El trabajo de correlacionar los nombres antiguos de las vetas con estructuras geológicas independientes, y que hoy pueden tener nombres diferentes, apenas si ha comenzado y quizás en muchos casos resulte imposible su identificación.

En el siglo XVI se consideraba a los socavones como la mejor forma de trabajar el Cerro Rico, aunque ello necesitara más mitayos. Como las vetas están orientadas hacia el oriente corriendo de Norte a Sur y siendo la mineralización diferente de arriba abajo (zona de oxidación – zona de sulfuros) los socavones facilitaban el transporte, la ventilación, el desagüe y la comunicación. Los socavones mejor explotados en 1582 eran nueve:

Sojo: vetas Corpus Christi, Rica, Mendieta, Estaño y Espíritu.

Herederos de Marcos Muñoz: veta Mendieta.

Juan Ortiz de Zárate: vetas Mendieta y Rica.

Medina: vetas Estaño, Rica y Negra.

Juanes de Gamboa: vetas Mendieta, Corpus Christi y Los Flamencos.

Cristóbal López: veta Los Ciegos.

Benino: veta Rica. (Este socavón se empezó a construir en 1556 y concluyó en 1585).

Luis Hernández: vetas Mendieta y Rica.

Juan Ortiz Picón: veta Mendieta.

El interés de abrir socavones o alargar galerías ya existentes había crecido mucho en la década de 1680, hasta convertirse en un grandioso plan de excavar túneles

a través de la estructura a distintos niveles; algunos de éstos llegaron a tener hasta 668 metros de profundidad [BAKEWELL, 1989, pp. 115-117].

Las labores dentro del Cerro tenían nombres quechua, por ejemplo: *Umbicoya*, en la veta Estaño, era mina de sudor, (*humpi*=sudor y *coya*=mina); *Putihuara* quiere decir mina recia de labrar (*puti*=cosa enojada); *Chumbe Chaca* significa metal castaño; *Cotamito* era montón de barro, y se juntaban en él las vetas Rica y Centeno.

iii) Explotaciones mineralógicas

A partir de 1545 la actividad minero-metalúrgica se desarrolló tanto en Potosí que se convirtió en poco tiempo en una las ciudades más poblada del mundo –más de 120.000 habitantes a principios del siglo XVII-, y la más próspera de la Corona española. Se empezó a registrar minas y a ocupar en ellas a indios de repartimiento o yanaconas. Los primeros españoles llegados a Potosí tenían conocimientos rudimentarios de minería y metalurgia, por ello confiaron en los consejos de los mineros de Porco y de otras ciudades mineras aledañas. Es verdad, que en esos primeros tiempos no era necesario tener sólidos saberes de la materia porque la bonanza de los minerales no los requería. En el Cerro Rico se conocían más de veinte variedades de minerales argentíferos, por ejemplo: paco (bermejo), machacado, tacana, polvorilla (clase de tacana), anco, almadeneta, amoladera, aquíjado, lama, tierras, papas, calichal, chumbe, quemazones (rupasca), mulato, negrilla, jaboncillo, quijos, curiquijos, gavarros, ciques, vilaciques, quitamama y huarina.

El virrey Martín Enríquez de Almansa ordenó que se redactara un “Informe” de las minas del Cerro de Potosí, y la Corona dispuso que lo hiciera Diego López de Zúñiga, que lo terminó en 1582, y el virrey asignó los mitayos en un posterior repartimiento. Hoy día hay algunos puntos oscuros en el “Informe”, no obstante podemos resumirlo en la Tabla 2.

Tabla 2

NOMBRE DE LA LABOR	MITAYOS		MINAS
	Asignados	Recibidos	
Veta Centeno	456	98	24
Veta Rica	976	325	79
Veta Los Flamencos	344	86	17
Veta del Estaño	915	243	57
Veta Mendieta	680	148	30
Veta de los Ciegos	496	149	22
Veta de los Viejos	224	34	9
Veta Lobato	102	36	8
Veta San Agustín	165	32	8
Veta Berrio	231	24	15
Veta San Sebastián	105	20	7
Veta Cevicos	212	28	16
Total 12 vetas	4.906	1.223	292
Total 82 vetas	5.009	123	320
TOTAL 94 VETAS	9.915	1346	612
% de 12	49.5%	90.9%	47.2%
% de 82	50.5%	9.1%	52.8%

Las 94 vetas (o vetillas) son ramificaciones que pertenecen a un sistema original de 4 o 5 vetas principales, concentran las principales actividades de producción y reciben el mayor número de mitayos. En las 12 vetas que apenas representan un 13% del total se concentra casi el 91% de la mano de obra por cédula. De las 612 minas contabilizadas sólo estaban en activo 357, el resto estaban catalogadas vírgenes, o sea un 58%; en cambio en las 12 vetas principales el porcentaje de las inactivas era sólo de 19%. Por otra parte, de las 292 minas de las vetas principales 179 pertenecían a un solo propietario, 107 a más de dos, y la Corona tenía seis minas.

Debido a particiones y herencias las vetas pasaron a ser un minifundio. Por ejemplo, en la Veta Rica, la más importante, notamos ese fenómeno donde la extensión de las minas fluctuaba entre 2 y 84 m. En otras minas pequeñas habían muchos dueños, por ejemplo, Juan Méndez, Jerónimo de Vargas y Andrés Gómez tenían 6,3 m de mina (20 m² de concesión). No obstante, había minas extensas de un solo dueño: de 79 minas trabajadas, 1 era de la Corona, 55 eran de un solo dueño y 23 de más de dos. En este caso, por ejemplo, se habían concedido 790 m de minas con una profundidad que variaba desde 29 hasta 320 m y eran consideradas las labores más profundas, pero sólo 3 minas no estaban en trabajo por inundaciones. Casi 100 personas tenían derechos en esta veta, entre ellas estaban oficiales reales, eclesiásticos y vecinos de diversas ciudades más o menos cercanas a Potosí. En la década de 1580 había 8 socavones en el Cerro Rico (Tabla 3).

Tabla 3

SOCAVÓN	VETAS	MITAYOS	
		Pedidos	Dados
Sojo	Corpus Christi Mendieta, Rica, Negra, Esp. Sto.	8	3
Herederos de Marcos Muñoz	Mendieta	6	3
Luis Hernández Ramírez	Mendieta, Rica	6	3
Juan Ortiz Picón	Mendieta	6	3
Juan Ortiz Zárate	Mendieta, parte de Rica y otras	15	12
Medina	Estaño, Rica, Negra y otras	8	3
Juanes de Gamboa	Mendieta, Corpus Christi, Los Flamencos	12	8
Cristóbal Pérez	Los Ciegos y Otras	12	8

Además existían 6 socavones que no habían llegado a cortar las vetas. Había socavones importantes, se trabajaban lugares de roca muy dura y blanda, se dejaban puentes entre las labores y ya se nombraba la fortificación como parte de la operación minera, y en preparación había otro grupo de socavones. Los socavones solucionaba los problemas de las minas más profundas, sobre todo el desagüe de las que se inundaban. Los socavones debían cortar las vetas con rumbo N-S y tener un ancho de 2,43 m y un alto de 1,66 m para que los apiris pudieran caminar erectos sacando el mineral.

Comoquiera que los mineros no obtenían el número de mitayos solicitados para las labores se veían obligados a recurrir a los mingas. Según los cronistas, en esa época había más de 5.000 indios trabajando en las labores mineras del Cerro Rico, y se incoaron más de 70 procesos contra los dueños de vetas y socavones porque anualmente morían más de 50 indios y otros muchos estaban enfermos o heridos a causa de la falta de seguridad en las minas. La propiedad de los socavones era como la de las minas: de un solo dueño, de varios y de la Corona. Los que no eran propietarios de un socavón podían entrar a sus minas situadas en el trayecto del mismo y debían pagar al propietario el 20% del mineral extraído, de tal modo que un socavón venía percibiendo, por ese “impuesto” particular, alrededor de 550 t/año de mineral [PATRICIO, pp. 15-31]. Sin embargo, este pago no era riguroso. Estos socavones no eran de uso general y tampoco comunicaban todas las minas, sino aquellas en la veta a la cual estaban dirigidos.

Durante los años siguientes hubo polémicas sobre la conveniencia o no de mantener los socavones y abrir otros nuevos. Incluso los oficiales reales mostraban igual preocupación, a la que se unía el hecho que la Corona no quería que se hiciera un Socavón Real. Sin embargo, se autorizó trabajar otros socavones, principalmente en las labores de Cotamito.

Las labores al principio eran superficiales, y el proceso metalúrgico para beneficiar los minerales de plata por la fundición en huayras daba excelentes rendimientos. Mediados la década de 1560 los resultados decayeron [BALLANTINE, p. 88], los años siguientes se recurrió a trabajar los desmontes que tuvieran una ley de cabeza en plata superior a 6 pesos por quintal, y agotados estos era necesario emplear otro método distinto a este de la fundición, pero ¿cuál? Que la minería no era un fin en sí misma es evidente, necesitaba ir acompañada por un método metalúrgico que extrajera de esos minerales su metal precioso, en este caso la plata.

La metalurgia en Potosí

i) La amalgamación de Bartolomé de Medina

Ni Europa ni América se pueden medir en materia metalúrgica por los parámetros de pro y contra, encuentro y pérdida. Recién llegados los europeos al nuevo continente creyeron encontrarse en tierras donde los metales preciosos afloraban por doquier, tanto en el México de Cortés como en el Perú de Pizarro. Las primeras décadas del siglo XVI vieron el principio y casi el final de un sueño sublunar: el oro y la plata no eran tan fácil de obtener de sus menas como lo fue la sustracción del tesoro azteca o inca. En efecto, los yacimientos de oro y plata trabajados desde tiempo inmemorial por los indígenas les habían ofrecido a aquellos imperios las posibilidades de presumir de una cultura de singular desarrollo. El dominio que tenían los incas de la metalurgia y los aztecas de la orfebrería fue tomado como un índice claro de algo que tendría solución de continuidad. Lo que faltaba en Europa podía conseguirse en América, y viceversa. Al menos esto fue lo que se dio en el proceso de interculturación entre ambos mundos. No se establecía una competencia, ni se trataba de dilucidar quién era mejor o peor, se complementaban.

La metalurgia nativa americana obedecía a un sistema de explotación que eran utilizados como valor simplista de uso. La ambición por el oro y la plata no llegaba a sentir necesidad de aguzar el ingenio de tal manera que el nativo se viese impelido al adelanto de sus artes y saberes. Los aztecas sacaban oro (*tonacuítlatl* = excrecencia del sol) fácilmente de las arenas fluviales auríferas, y la plata (*meztlicuítlatl* = excrecencia de la luna) de sus minerales. Mientras que ambos metales eran objetos de adorno y usados para fines litúrgicos en la América virreinal en Europa se veía desde otra perspectiva mucho más materialista: uso y cambio.

Mediados el siglo XVI, las menas de oro y plata en la Nueva España y en el Perú ya no rendían lo mismo que años atrás porque los minerales superficiales, los de más alta ley, se habían agotado, y los más profundos eran pobres y costaba más su beneficio. Por otra parte, el primitivo método de fundición de las menas argentíferas fueron devastando los bosques cercanos a las bocaminas y además ya no resultaba tan rentable como cuando las menas eran de alta ley. El método, pues, había que cambiarlo, ¿por cuál?

La propuesta para ayudar a la situación metalúrgica provendría no de los expertos de la Europa central, sino del sur de la península ibérica, de Sevilla, de la mano de Bartolomé de Medina. En esa ciudad existía una especie de colegio invisible de espagiristas o metalurgistas locales, grupos residuales de la tradición alquímica de la zona Andalusí, con los cuales Medina contactaría y haría ensayos otras veces despreciados. Evidentemente el espagirismo en España, y particularmente en Sevilla, provenía de aquellos mozárabes que la habitaron. La espagiria, como se sabe, es una voz griega derivada del “span” (separar) y “ageirin” (colectar), que define el proceso de separación (análisis) de una sustancia en sus componentes básicos (por ejemplo *mercurio, azufre y sal*) la purificación de éstos y a continuación la recomposición de una materia superior a la que se atribuían virtudes y poderes como el ennoblecimiento del metal [PRIESNER, pp. 145 y 333]. Así, espagiria significa un determinado modo de trabajar y no un método específico de laboratorio. La espagiria, recomendada por Paracelso, se basaba en el principio de “solve et coagula”, para separar lo esencial de lo no esencial se recurría a la extracción, a la sublimación y ante todo a la destilación que daba como resultado las esencias, los espíritus y las tinturas.

Hubo en el Medioevo –verosíblemente, incluso, en la antigüedad griega, si nos referimos a las obras de Zósimo y Ostanos- dos grados, dos órdenes de investigaciones: *la espagiria y la alquimia*. Estas dos ramas de un mismo arte *esotérico* se difundían entre las gentes trabajadoras por la práctica de laboratorio. Metalúrgicos, orfebres, pintores, ceramistas, vidrieros, tintoreros, destiladores, esmaltadores, alfareros, etc., debían al igual que los boticarios, estar provistos de conocimientos espagíricos suficientes que, luego completaban ellos mismos en el ejercicio de su profesión.

Los alquimistas proporcionaron a los espagiristas al principio y a la ciencia moderna después, los hechos, los métodos y las operaciones de que tenían necesidad. Esos hombres atormentados por el deseo de investigarlo todo y aprenderlo todo son los verdaderos fundadores de una ciencia espléndida y perfecta a la que dotaron de observaciones justas, de reacciones exactas, de manipulaciones hábiles, de habilidades penosamente adquiridas. Debemos, pues, saludar a esos pioneros, a esos precursores, a esos incansables trabajadores y no olvidemos jamás cuánto hicieron por la química y la metalurgia. Si Hermes, Geber, Vilanova y Lull resucitaran hoy no serían considerados como filósofos por nuestros químicos actuales, y no lo incluirían entre sus discípulos porque su pragmatismo les han llevado a malinterpretar los escritos de aquellos [FULCANELLI, pp. 145-155], que esmaltados de expresiones cabalísticas continúan siendo la causa eficiente y genuina del menosprecio que señalamos.

El espagirista era un químico-metalúrgico, que no vacilaba en ensayarlo todo, aunque fuese por medio de principios alquímicos. *Geber* explica la teoría de la formación de los metales a partir del *azufre* y del *mercurio* contenido en el seno de la

tierra. Sus experiencias fueron célebres y abrieron las puertas desde el siglo VIII a un sinfín de experimentos con lo que llamaba sustancias minerales-metálicas, así como las tinturas. En su obra *La Suma de perfección* dice [GUIRAO, pp. 113-134]: *El Arte no puede imitar a la Naturaleza en todas sus operaciones, sino que la imita solamente en todo lo que le es posible. Considera y medita mis palabras atentamente y muy a menudo, a fin de que siéndote familiar nuestra manera de hablar, y comprendiendo nuestro idioma o lenguaje particular, puedas penetrar en nuestra verdadera intención y descubrirla. De esta manera sabrás en qué puedes imitar a la Naturaleza en el arte de nuestra Obra.* Es por tanto la Naturaleza la que indica el camino a seguir en los procesos metalúrgicos que seguían las enseñanzas alquímicas.

En Sevilla se concentraron hasta finales del siglo XVI los más importantes seguidores de estas teorías y prácticas. Existen varios testimonios y obras que confirman estas tradiciones metalúrgicas: orfebrería de oro y plata, o tinturas de cueros. Por Sevilla parece que pasó Paracelso quien refiere en sus obras que tuvo relaciones con espagiristas en la ciudad. Sus teorías más tarde serían conocidas por los seguidores de la tradición espagírica del *azufre*, el *mercurio* y las *sales* en la afinación de metales, aplicación que haría Bartolomé de Medina en su proceso de amalgamación con minerales de plata; o para obtener sales metálicas con fines medicinales, caso de Nicolás Monardes con la iatroquímica paracelsiana. ¿Habría influido *Geber* en Paracelso y más tarde éste en los espagiristas sevillanos? es esta una incógnita que está sin resolver. En cierto sentido, Paracelso no hace en el siglo XVI más que cerrar el ciclo que comenzó *Geber*.

Este nodo se dio en la Sevilla del Quinientos, ciudad natal de Bartolomé de Medina, inventor del método de amalgamación para beneficiar grandes cantidades de mineral argentífero. Proceso que fue una revolución tecnológica, porque desde que lo puso en marcha e 28 de diciembre de 1555 en las minas novohispanas de Pachuca, la minería y metalurgia de la plata irradió hasta todos los centros minero-metalúrgicos de los virreinos y ciudades mineras de Europa. Bowles lo expresó claramente en 1775: *Es preciso confesar que los españoles han sido los inventores de este beneficio y a ellos se debe esta invención de que otras naciones harían mucho ruido si algunas de ellas la hubiera hallado.*

A raíz de la introducción del método de Medina, los reales de minas americanos cobraron una importancia grande, y en menos de quince años se encontraban en plena actividad. Las áreas de explotación minera y metalúrgica de plata dieron un gran impulso al desarrollo de las fuerzas productivas en los virreinos. A través de su producción y exportación de minerales argentíferos unas veces, y de la plata otras, se articularon las relaciones de América con el exterior mediante su vínculo con la Metrópolis. Parece claro que las formas de apropiación y explotación de los recursos naturales y humanos estuvieron sujetos a los distintos niveles de relación y de influencia hacia dentro y hacia fuera.

Por el carácter hegemónico y estratégico de la plata novohispana en el comercio con Europa y Asia, la producción de este metal jugó un papel relevante en la organización socioeconómica virreinal y en el desarrollo del capitalismo en gestación; así, pues, cabe decir que esta nueva tecnología -la amalgamación introducida por Bartolomé de Medina- contribuyó a la acumulación primaria de capital en el exterior como una de sus principales fuerzas generadoras,

ii) El método de Medina en Potosí

Recién llegado el virrey Francisco de Toledo al Perú y después de visitar las minas de Potosí se empeñó en que el método de amalgamación, que con éxito había implantado Bartolomé de Medina en las minas de la Nueva España, se impusiera en la metalurgia de potosina. Creía que era el mejor método para que el beneficio de los minerales saliera del atraso en que se encontraba. Sobre todo cuando supo que sólo en la Nueva España a siete años (en 1562) de la invención de Medina había 126 personas practicando la amalgamación de minerales de plata y devengados derechos [CASTILLO MARTOS, p. 102]. Así, en 1571 Pedro Fernández de Velasco aplicó con éxito el método de Medina después de adaptarlo a las condiciones de los minerales del Cerro Rico y a la climatología de aquellos parajes andinos.

A los diez años de implantarse el método de amalgamación en Potosí, y como resultado de la visita y posterior informe del visitador Diego de Zúñiga, se hizo repartimiento de indios de acuerdo con el tipo de ingenio, su ubicación, la disposición en la molienda -es decir, según los mazos que tuviesen- y para el propio proceso de la amalgamación. El criterio seguido fue lo que se decía en las Ordenanzas del virrey Toledo de 6 de agosto de 1578, y atendiendo a que el dueño del ingenio sin indios mingas pudiese trabajar moderadamente:

Ingenio de dos cabezas con 12 mazos en la Ribera: hasta 50 indios.

Ingenio de una cabeza con 8-10 mazos en la Ribera: hasta 32 indios.

Ingenio de caballos (trapiche) en Potosí: hasta 22 indios.

Ingenio de dos cabezas en Tarapaya: hasta 36 indios.

Ingenio de una cabeza en Tarapaya: hasta 28 indios.

En la Tabla 4 aparece el nombre de los propietarios de ingenios con el número de cabezas y mazos que disponían en los años de la visita de Diego de Zúñiga, así como el repartimiento de indios que le correspondió a ellos. La visita fue a los ingenios que se relacionan a continuación.

Tabla 4
INGENIOS HIDRÁULICOS EN LA RIBERA DE LA VERA CRUZ

AZOGUEROS	CABEZAS	MAZOS	OBSERVACIONES
Juan Muñoz Maldonado	2	12	Junto Agua de Castilla, con lavadero de agua
Alfonso Tufiño	1	10	Comparte lavadero con el anterior
Nuño de Balboa	2	12	
Nuño de Balboa	2	--	Construido a principio del s. XVII
Álvaro de Mendoza	1	10	
Diego López de Haro y Bernabé Salazar	2	12	
Simón Díaz	2	12	
Juan Suárez	2	12	
Gómez de León y Sebastián Gutiérrez	2	16	El segundo en Castilla
Luis Capoche	1	10	El primero en el pueblo
Luis Capoche	2	12	
Bernardino Muñoz y Gonzalo López de las H.	2	14	
José Luis de Escobar y Juan Martín	1	10	
Antonio Vázquez y Diego García	2	14	Una cabeza de ellos, la otra de P.Núñez
Andrés Velasco y Bartolomé de García	2	10	
Alonso de Torrejón y Martín de Resulta	2	12	
Juan de Hermosa y Ant ^o Rodríguez de Ocampo	1	10	
Juanes de Gamboa	1	9	
Juan Fernández y Andrés Fernández	1	10	
Juan Gómez Fernández	1	10	
Gonzalo Santos	1	8	
Rodrigo Álvarez	1	10	
Andrés Velázquez	2	12	
Luis García de Melo y Antonio Ponce	2	14	
Rodrigo Ibarra	2	12	
Martín de Ibarra	2	14	El último dentro de la población
Martín de Mardóñez y Herederos de F. Boedo	2	14	Fuera de la población

Juan Picón, Gaspar Ortiz, Diego Pavia y Juan Lándero	2	12	
Bautista Monte, Andrés Gómez y Juan Méndez	2	14	
Jorge Polo	1	10	
Jorge Polo	2	12	
Jorge Polo	2	14	Construido a principio del s. XVII
Luis Martínez	2	12	
Diego Flores	2	12	Construido a principio del s. XVII. Comparte mitayos con el anterior
Pedro Márquez	1	10	
Pedro Márquez	1	10	Construido a principio del s. XVII
Tomás Cheo	2	12	
Jerónimo Pérez y Diego Núñez Maldonado	2	13	7 y 6 mazos respecti- vamente
Francisco Corzo	2	12	
Juan Cisneros y Gaspar de Angulo	2	12	
Antonio Benítez Melgarejo	2	12	
Pedro de Grado y Compañía	2	12	
Mateo Ruiz, Pedro de Funes y Diego Sánchez D.	2	12	
Luis de la Sernat	1	8	
Luis Hernández Ramírez y Francisco López B.	1	8	Estaba en Chibitara
Mateos Flores y Herederos de Diego Moreno	1	8	Estaba en Chibitara
Diego de Morales y Herederos de Juan Colque	2	12	El segundo era indio capitán de los quillacas
Alonso López Barriales y Juan Ordóñez de V.	2	12	Tiene lavadero
Gonzalo Santos	1	8	El último de la Ribera

En total hay 81 cabezas y 548 mazos.

Ingenios hidráulicos en Taucoño

AZOGUEROS	CABEZAS	MAZOS
Mateo López de Gamboa y Mateo Rodríguez	1	8
Domingo Pérez de Ibarra y Herederos de Suero Méndez de Sotomayor	2	12
Francisco de Oruño y Luis Sánchez de Herrera	2	14
Juan de Treceño	1	10

Hay 6 cabezas y 44 mazos.

Ingenios hidráulicos en Tarapaya

AZOGUEROS	CABEZAS	MAZOS	OBSERVACIONES
Juan de Pendones	1	8	Río arriba tiene lavadero
Juan de Pendones	2	12	
Carlos Corzo y Juan Pérez Donoso	2	14	Tiene lavadero
Herederos de Fco. de Nava	2	12	Tiene lavadero
Gonzalo Soria	2	12	Junto a la iglesia
Gonzalo Santos	1	10	Tiene lavadero
Domingo Gallego	2	12	Tiene lavadero
Lic. Torres de Vera	1	8	Tiene lavadero
Juan Román	2	12	
Francisco Nieto de Murillo y Compañía	1	9	Tiene lavadero
Garcí Michel y herederos de Jerónimo González de A.	1	10	Tiene lavadero el último
Diego de Alaeta	2	12	Río abajo tiene lavadero
Sebastián Sánchez de Merlo y Gonzalo de Toro	1	12	Tiene lavadero
Cristóbal de Espinoza y Juan Pórce de Padilla	2	12	Tiene lavadero
Jerónimo de Vargas	1	10	Tiene lavadero
Herederos de Marcos Muñoz de Larregata	1	8	Tiene lavadero
Diego Vaca	-	-	Construyéndose a finales de s. XVI
Martín de Chazarreta	1	10	Tiene lavadero
Gonzalo Pérez	1	8	Tiene lavadero
Pedro Alonso Hidalgo y Francisco Rodríguez H.	1	8	
Diego López de Chinchilla	1	8	Tiene lavadero
Francisco Ruiz y herederos de Juan de Anguciana	2	12	El primero en Castilla. Está al lado de otra iglesia
Herederos de Marcos Muñoz de Larregata y S.M.	1	12	El último de Tarapaya, construido junto al de Alonso Hidalgo y Rodríguez H.

Suman 32 cabezas y 231 mazos.

Ingenios hidráulicos en Chaqui

Estaba el del Lic. Corvalán, abogado de la Real Audiencia de Charcas, en construcción a principios del s. XVII, le dieron 28 mitayos.

Ingenios de caballo y molienda seca

AZOGUERO	MAZOS	MITAYOS
Sebastián Gutiérrez	7	
Nuño de Balboa	8	
Martín de Tineo	8	
Álvaro de Lira	7	
Alonso de Torrejón	8	
Hernando de Valencia	8	
Sebastián Sánchez de Merlo	8	
Pedro Márquez	7	
Bautista de Sabando	7	
Alonso Hernández	7	
Francisco de Zárate	8	
Juan de Guerra	10	
Pedro de Almanza	8	
Luis Dávalos	7	
Bernardino Gallego	8	
Luis Méndez	8	
Alonso de Vera del Peso	6	
Juan de Torres Palomino y Nuño Álvarez	8	
Bernabé Salazar	8	
Gonzalo Durán	7	
Diego de Luna	6	
Diego de los Ríos	7	
Gáspar Borja	8	
Domingo Beltrán	7	
Lope de Arestazabala	8	
Alonso González Chamorro y Martín de Lacoba	8	
Herederos de Sanabria	8	
Juan Danza	7	
Pedro de Herrera Crespo	7	
Juan Torres Palomino (Valle Pilcomayo)	6	22
Hernán Cabrera de Córdoba (Valle Mataca)	6	22
Francisco Segovia	-	18
Rodrigo de Herrera Escobedo	-	16
Kuis de Lasernat y herederos	-	4

En total suman 231 mazos.

Tabla 5

INGENIOS HIDRÁULICOS	ESPECIFICACIONES			MITAYOS		
	Ing.	Cab.	Mazos	2 Cab.	1 Cab.	Total
Ribera	49	81	548	896	408	1.304
Tauacoñño	4	6	44	56	48	104
Tarapaya (en construcción)	23	32	231	360	336	696
Río Chaquí (en construcción)	1					28
Subtotal	77	119	823	1.312	792	2.132
TRAPICHES						
Potosí	29		219			638
Valle de Mataka	1		6			22
Valle del Pilcomayo	1		6			22
Subtotal	31		231			682
MOLINOS						
Potosí	3					38
TOTAL	111	119	1.054	1.312	792	2.582

De lo expuesto se infiere que en la década de 1580 existían tres tipos de establecimientos dedicados al tratamiento de las menas argentíferas: los ingenios accionados por energía hidráulica, por fuerza animal para la molienda seca, y los molinos a semejanza de los usados para el trigo. Unas 100 personas estaba encargadas de los hidráulicos, de los 75 en trabajo, 44 eran de dos cabezas y 31 de una cabeza. Atendiendo a las cifras indicadas por el virrey Enríquez, en la Ribera estaba asignado el 67% de los mitayos. El jornal para el trabajo diurno y nocturno de los mitayos hombres en los ingenios era de 2 reales y tres cuartillos, disminuyendo a solo 2 reales para mujeres y niños. Algunos mingas que no trabajaban en los ingenios eran contratados para otros establecimientos por un salario diario de 4 reales y un cuartillo [PATRICIO, p. 23].

La gran mayoría de los propietarios de mina dependían de los servicios prestados por los establecimientos de tratamiento del mineral, ya que no todos los mineros poseían ingenios. Los azogueros cobraban por la molienda del mineral entre 4 y 6 tomines el quintal, si incluía la amalgamación el precio ascendía entre 5.5 y 9 tomines, y cuando no disponían de su propio mineral para no tener parado el ingenio no cobraban más de 6.5 tomines. En Tarapaya era donde el tratamiento era más barato, moler costaba entre 3.5 y 4 tomines y la amalgamación para obtener la piña de plata nunca sobrepasaba los 6.5 tomines.

En 1624 y 1633 se volvieron a hacer repartimientos de indios para cumplir un trabajo específico, esto es, los de minas para el laboreo de ellas, los de ingenio para el proceso metalúrgico.

El repartimiento de 1624 en los ingenios ubicados en la Ribera y en Tarapaya se encomendó a Diego de Portugal, Presidente de la Real Audiencia de la Plata, por el virrey Marqués de Guadalcazar, arrojando el siguiente resultado global¹:

De 77 ingenios

En la Ribera había 58 ingenios: 36 de una cabeza, 17 de dos cabezas, 3 de tres cabezas y 2 de cuatro cabezas, contando con 2.717 mitayos.

En Tarapaya había 16 ingenios, siendo 6 de una cabeza, 8 de dos cabezas, 1 de cuatro cabezas y 1 sin especificar, que sumaban 708 mitayos.

Sin localizar los sitios exactos había 3 ingenios de una, dos y tres cabezas cada uno, con 170 mitayos en total.

El repartimiento de 1633 lo encargó el virrey Luis Gerónimo Fernández de Bobadilla, conde de Chichón, a Juan de Carvajal y Sande, Presidente visitador de la Real Audiencia de Charcas y miembro del Real Consejo de Indias.

En la Ribera había establecidas 109 cabezas con 3.362 mitayos asignados.

Tarapaya contaba con 18 cabezas y 274 mitayos.

Totalizaba 127 cabezas y 3.636 mitayos.

La explotación minero-metalúrgica del Cerro Rico no se basaba en fuertes inversiones para infraestructuras, sino que lo más importante radicaba en las disponibilidades de mano de obra mitaya forzada y no forzada de los mingas. De hecho, cuando los ingenios se arrendaban sin indios su monto no superaba los 600 pesos. El repartimiento tenía algunos fallos: muchos indios se asignaban a personas que no eran propietarios de minas ni de ingenios y estos los vendían o alquilaban a los azogueros que los solicitaban.

Los datos de repartimiento comparativos entre los años 1624 y 1633 se exponen en la Tabla 6.

¹ Se renuncia a relacionar el nombre de los propietarios de los ingenios, el número de cabezas, mazos, situación y número de mitayos de cada uno tal como se hizo en el anterior repartimiento, para no ocupar un número excesivo de páginas.

Tabla 6
Datos estadísticos del repartimiento de indios

	1624	%	1633	%
Empresas mineras	75	100	92	100
Azogueros con minas	59	79	54	59
Azogueros sin minas	16	21	38	41
Total mitayos asignados	3.605	100	4.098	100
Mitayos a particulares	3.605	100	3.636	89
Mitayos a soldados			462	11
Empresas con mitayos	73	97	69	75
Empresas sin mitayos	2	3	23	25
Dueños de ingenios individuales	47	63	60	65
Dueños de ingenios colectivos	28	37	32	35
Total ingenios		100	93	100
Cabezas de ingenios	119	100	127	100
Cabezas en trabajo			80	63
Cabezas desaviadas, etc.			47	37
Ingenios de 4 cabezas	3	4		
Ingenios de 3 cabezas	4	5	1	1
Ingenios de 2 cabezas	26	34	32	34
Ingenios de 1 cabeza	43	57	60	65
Ingenios en la Ribera	59	79	81	87
Ingenios en Tarapaya	14	19	12	13
Ingenios sin identificar	2	2		
Mazos	644			

Aunque la Ribera potosina de la Vera Cruz entre esos años (1624-1633) había sufrido un colapso, el número de cabezas en los ingenios y los mitayos habían aumentado ligeramente. Por otra parte, llama la atención que los ingenios de 4 cabezas en 1633 prácticamente habían desaparecido.²

A comienzo del siglo XVII otros aspectos socio-económicos y tecnológicos fueron:

- a) Traslado de ingenios de Tarapaya a la Ribera
- b) Abandono y desmantelamiento de ingenios como consecuencia del descenso en la producción minera.
- c) Deserción y huida de mitayos.
- d) Asentamiento en Potosí y alrededores de naturales cumplida su obligación de trabajo (sólo un 10% retornaba a sus ayillos).

² Unos llamaban soldados a todos los españoles que no tenían ingenios de molienda, y otros a los vagabundos españoles o mestizos que robaban en los caminos y tambos. En Potosí los soldados eran aquellos que se dedicaban a descubrir vetas nuevas.

- e) Persistencia, a pesar de las Ordenanzas del marqués de Cañete, de los castigos corporales a los mitayos por parte de los propietarios de minas y/o ingenios.
- f) Escasa movilidad en lo referente a la transferencia de minas e ingenios (entre ambos repartimientos, no así respecto a la visita de Zúñiga), predominando la tenencia de minas e ingenios en familias o sucesores de éstos.
- g) Enfrentamiento de clases por el control de la mano de obra: soldados, azogueros y encomenderos.

Mediados el siglo la actividad minero-metalúrgica va a padecer un descenso en la producción de plata y complicación en la explotación de las minas por tener que trabajarlas a mayor profundidad, lo que conllevaba una menor ley del mineral. A ello se sumó la destrucción de algunos ingenios de la Ribera por la inundación causada por la laguna de San Ildefonso, cuya posterior reconstrucción y asignación de mitayos no estuvo carente de problemas.

Epílogo

Hay dos ciudades que destacan sobre otras en esta historia de la tecnología virreinal que nos ha ocupado: Pachuca y Potosí. La primera, actual capital del Estado de Hidalgo, ocupa un destacado lugar en el concierto histórico de los centros minero-metalúrgicos de la América virreinal. *Ninguna población hállase tan íntimamente unida a la ocupación de sus habitantes como Pachuca se liga a la minería, su historia es la historia de sus minas, sucediéndose en etapas de bonanza y carestía.* En una de las haciendas de beneficio pachuqueña, “Purísima Grande”, fue donde un diciembre de 1555 Bartolomé de Medina consiguió alumbrar el método de la amalgamación para beneficiar minerales de plata, y con él producir la plata que llegó a Europa durante más de 350 años. Ciudad que se convirtió en la cuna de la revolución tecnológica del siglo XVI en la América virreinal [CASTILLO MARTOS, pp. 77-87].

Si hay otra ciudad que haya accedido al ámbito de los pueblos más considerados por la producción de plata es Potosí, nombre que ha sido sinónimo de riqueza, con él se acuñó la expresión ... *y vale un Potosí*. Su esplendor comenzó cuando 26 años después de hallar la primera veta de plata en su Cerro Rico se instaura el método de Medina, modificado y adaptado a las condiciones de una naturaleza avara en oxígeno, rica en dióxido de carbono, cálida y húmeda. Sus menas argentíferas permitieron la proliferación de actividades como la agricultura, la ganadería, el comercio, etc. a la vez que animaba el sistema de flotas para el transporte de metales preciosos y otras materias valiosas.

A principio del siglo XVII había en Potosí cerca de 800 casas de juego, unas 120 prostitutas regentadas por D^a Clara, que vivía rodeada de los productos más preciados en Occidente y Oriente. Entre 1580 y 1650 Potosí se instala en un nivel de actividad muy elevado, mucho más de lo que hace pensar las exportaciones de plata

hacia el puerto de Sevilla, tanto en cuanto una parte importante de la plata era absorbida por el virreinato para las necesidades de su política. Después, es preciso recordarlo, se produjo la maquiavélica manipulación por unos intereses ajenos a los potosinos. Mas es preciso reconocer algo cierto: la ausencia de una economía fuerte que fuera el nervio impulsor y educador ha sido la causa de que no tuviese continuación aquel brote inicial. ¿Fue inevitable? Desde aquí pensamos que si aparentemente no lo era, por aquello de los ciclos históricos, las consecuencias han sido tan graves que debería haberse evitado. Pero no fue así, y eso también es historia. Aun de manera voluntarista, declaramos nuestra creencia y nuestra esperanza en que lo que ocurre no siempre será así. Porque es tal su potencialidad que no puede quedar agostada para siempre. Y más cuando Potosí tuvo un papel tan importante en la revolución tecnológica.

El proceso de amalgamación de Bartolomé de Medina produce cada vez más datos que dan coherencia histórica a la metalurgia. Lo que existía antes era una relación histórica de metalúrgicos, cada uno por separado y rodeado de sus propios métodos arcaicos, de manera que al ser aceptada de manera universal la amalgamación de la plata les llevó a todos a encuadrarse dentro de un sistema único de beneficio. En el marco de la metalurgia argentífera se han efectuado muchos experimentos y no es probable que se realizaran tantas modificaciones y adaptaciones si el método de Medina no se hubiera aceptado y aplicado de manera tan general. Las experiencias de Medina alcanzan el factor revolucionario cuando la mente práctica de los metalúrgicos adaptan su proceso a las condiciones climatológicas y geográficas de cada ciudad y a la naturaleza de sus minerales argentíferos.

La transferencia tecnológica que se originó entre Europa y América facilitó la adquisición de conocimientos y ayudó a que la minería y metalurgia virreinal evolucionaran en menos tiempo que si hubiera tenido que descubrir las mismas cosas por sus propios medios. Asimismo, el viejo continente también se benefició de los adelantos que se hicieron en América, y concretamente de la creación del sistema de lagunas y los ingenios hidráulicos que se construyeron en Potosí.

A finales del siglo XVI comenzó en la ciudad andina una revolución tecnológica como aurora de la técnica moderna al implantarse el método de Medina. Aunque Potosí comenzó a poblarse el 18 de abril de 1545 por 75 hombres y el primer registro de plata se hizo el 21 de abril, la rebelión de Gonzalo Pizarro retrasó tres años el inicio de las labores minero-metalúrgicas de forma sistemática en el Cerro Rico. Los primeros intentos para introducir la amalgamación se hizo en 1560, pero hubo que esperar a 1571, año en el que llegó el éxito a los trabajos de Pedro Fernández de Velasco. Un año después se beneficiaban ya en los ingenios potosinos más de un millón y medio de quintales de mineral, y se erigió en la ciudad su primera Ceca. La amalgamación supuso la salvación de la minería y de la metalurgia potosina y, por ende, causó la prosperidad económica de la Real Hacienda. El método de Medina

permitió después de la crisis del quinquenio 1556-1560 una recuperación que llegó a su máximo apogeo entre 1575 y 1620.

La puesta en práctica del proceso de amalgamación en Potosí tiene una doble incidencia en la producción de plata: la detención del crecimiento de plata en la Nueva España, y provocar la gran mutación cuantitativa a favor de la plata peruana, virreinato que pasó de exportar 4,6 millones de pesos entre 1571-75 a 23.9 millones entre 1591-95. Todo ello es un buen ejemplo de las implicaciones que conllevó la irradiación del método de Medina fuera de Pachuca. Para esa vasta producción hubo que implantar una compleja y costosa infraestructura, las menas tenían que ser molidas hasta un tamaño inferior a 2 mm, para lo cual se comenzó a utilizar en Potosí el maray y los molinos de almadenetas o muela.

El virrey Toledo se dio a la tarea de organizar la introducción del método de amalgamación, y vio muy pronto la necesidad de realizar la molienda del mineral y posterior tratamiento metalúrgico dentro o en las cercanías de Potosí, y por tanto necesitaba de un importante caudal de agua para accionar las ruedas hidráulicas que moverían los molinos. Para ello propuso la construcción de ingenios por los alrededores y dentro de la Villa Imperial, y previamente a ello ordenó la creación de un sistema de lagunas en los cerros cercanos al de Kari-Kari para almacenar el agua de lluvia y aprovechar el agua de otras fuentes. La construcción de las cinco primeras lagunas duró dos años, entre 1574 y 1576. Se canalizó también un riachuelo que junto con los ingenios conformó la Ribera de la Vera Cruz. Hacia 1624 estaba completado el sistema de lagunas que permitió el funcionamiento de los ingenios, cabezas y ruedas hidráulicas que hemos visto. Suponiendo que la molienda se realizara día y noche durante ocho meses al año, el consumo de agua sería de unos 250 litros por segundo, generando una potencia de 450 kw (La capacidad de almacenaje en 1636 era de seis millones de toneladas en 24 lagunas). Representaba el sistema hidráulico mayor de América y uno de los más grande del mundo, sólo comparable con el de Clausthal (Harz) que tenía 750 kw. Los canales que alimentaban a las ruedas eran de 75 cm de ancho por 80 cm de alto, y la altura del agua alcanzaba 13 cm, altura concordante con las marcas dejadas por el agua en la paredes. La pendiente del 1% permitía un caudal de 160 litros/segundo que para el tiempo de molienda necesitaba almacenar 4.147.200 toneladas de agua. Como Potosí, en 1624 tenía una población de 120.000 personas, el consumo total para uso doméstico debía ser de 1.095.000 toneladas para un consumo medio por persona de 25 litros diarios. Esto supone 5.242.000 toneladas de agua. La potencia desarrollada por una rueda tomando 1.000 kg/m^3 la densidad del agua, la aceleración gravitatoria de $9,81 \text{ m/s}^2$, y el caudal indicado de $0,16 \text{ m}^3$, un diámetro promedio de las ruedas de 4,5 m y una eficiencia de 0,75 para la rueda de cangilones con alimentación por arriba, lo común en la Ribera, obtenemos una potencia de 5.297,4 w. Considerando 67 ruedas en la Ribera la potencia total, era de 355 kw.

La plata sacada del Cerro Rico desde 1 de enero de 1556 al 31 de diciembre de 1578 (primera época) pagó en derechos del quinto 9.801.906 pesos. La segunda época (1 de enero de 1579 al 19 de junio de 1736) se pagaba el 1.5% de cobos y el quinto de los 98.5% restante. Hasta 1600 se pagaron cerca de 30.383.100 pesos. Por otra parte, el azogue sacado de Huancavelica entre 1570 y 1610, que en su mayoría fue a Potosí, ascendió a 199.487 quintales.

La influencia de las minas virreinales sobre las relaciones bimetálicas en España y Europa se ve por las cantidades absolutas de oro y plata importados (Tabla 7) [CASTILLO MARTOS, pp.226-230].

Tabla 7

PERIODO	TONELADAS
1541-1550	177.573.164
1551-1560	303.121.174
1561-1570	942.858.792
1571-1580	1.118.591.954
1581-1590	2.103.027.689
1591-1600	2.707.626.528

El volumen de plata que llegó desde América a la Península aumentó de manera espectacular a los pocos años de aplicarse el método de Medina, y fue el último decenio del siglo cuando se envió más plata.

Bibliografía

- BAKEWELL, P. (1984) "Mining in colonial Spanish America", *The Cambridge History of Latin America II: Colonial Latin America*, Editoria, Cambridge (UK), L. Bethell.
- BAKEWELL, P. (1989) *Plata y empresa en el Potosí del siglo XVIII. La vida y época de Antonio López de Quiroga*, Pontevedra, Edita la Excm. Diputación de Pontevedra.
- BALLANTINE, G. (1977) *Potosí y Huancavelica. Bases económicas del Perú, 1545-1640*, La Paz (Bolivia), Academia Boliviana de la Historia.
- CAÑETE Y DOMINGUEZ, P.V. (1952) *Guía histórica, geográfica, física, política, civil y legal del gobierno e intendencia de la provincia de Potosí*, A. Alba (ed.), Potosí (Bolivia),
- CASTILLO MARTOS, M. (2001) *Bartolomé de Medina y el siglo XVI. Un sevillano lleva la revolución tecnológica a América*, Sevilla, Edita Delegación de Educación del Ayuntamiento de Sevilla.
- FULCANELLI (1976) *Las moradas filosóficas*, Barcelona, Editorial Plaza & Janés.
- GUIRAO, P. (1979) *La Alquimia desvelada*, Barcelona, Editorial Teorema.
- LLANOS GARCÍA DE, P. (1983) *Diccionario y maneras de hablar que se usan en las minas y sus labores en los ingenios y beneficios de los metales*, La Paz (Bolivia), edición facsimil de la de 1626 por la Editorial R. Molina.

- PATRICIO, J. (1984) “La empresa argentífera potosina en el siglo XVI”, *Historia Boliviana*, nº IV (1) La Paz (Bolivia).
- PRIESNER, Claus y KARIN, Figala (eds.) (2001) *Alquimia. Enciclopedia de una ciencia hermética*, Barcelona, Editorial Herder.
- SERRANO BRAVO, C. (1989) *Discurso de ingreso en la Academia de Historia y Geografía Potosí*, Potosí (Bolivia).
- SERRANO BRAVO, C. (1991) “Datos preliminares para una historia del Cerro Rico de Potosí”, *Potosí de ayer y de hoy*, nº 11 Potosí, (Bolivia).
- WIRTHLE, W. (1988) “La ciudad de la plata”, *Scala*.